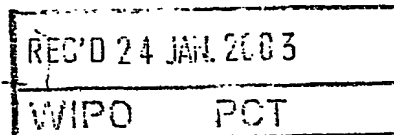


7. 01. 03



#3

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 00 004.2

Anmeldetag: 2. Januar 2002

Anmelder/Inhaber: Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Hamburg/DE

Bezeichnung: Elektronische Schaltung und Verfahren zum
Betreiben einer Hochdrucklampe

IPC: H 05 B, G 01 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Dezember 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Nietiedt

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

ZUSAMMENFASSUNG

Elektronische Schaltung und Verfahren zum Betreiben einer Hochdrucklampe

- Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung und ein Verfahren zum Betreiben einer Hochdrucklampe während verschiedener Betriebsmodi. Die Schaltung umfasst
- 5 einen Wechselrichter, der aus zwei Halbbrücken 110-1 und 110-2 besteht. Zwischen den Ausgängen 112-1 und 112-2 dieser beiden Halbbrücken ist eine Reihenschaltung umfassend eine erste Spule L1, die Hochdrucklampe 120 und eine zweite Spule L2 geschaltet. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine derartig bekannte
- 10 Schaltung so weiter zu bilden, dass sie gleichermaßen sowohl für einen Zündmodus, wie auch einen normalen Betriebsmodus der Hochdrucklampe geeignet ist, ohne dass einzelne Bauelemente überdimensioniert werden müssten. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass von dem Verbindungspunkt zwischen der ersten
- 15 Spule L1 und der Hochdrucklampe 120 ein erster Kondensator C1 entweder zum Bezugspotential (-) oder zum Betriebspotential (+) geschaltet ist und das von dem Verbindungspunkt zwischen der Hochdrucklampe 120 und der zweiten Spule L2 ein zweiter Kondensator C2 entweder zum Bezugspotential (-) oder zum Betriebspotential (+) oder parallel zur Hochdrucklampe 120 geschaltet ist.

Fig. 1

20

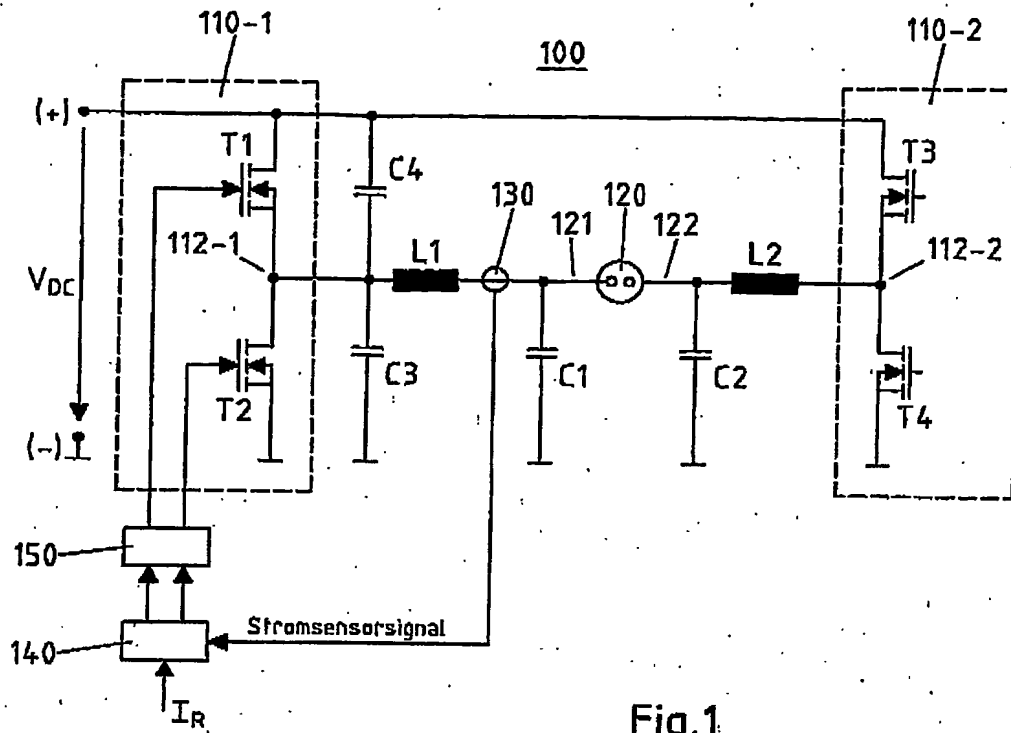


Fig.1

BESCHREIBUNG

Elektronische Schaltung und Verfahren zum Betreiben einer Hochdrucklampe

Die Erfindung betrifft eine elektronische Schaltung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Hochdrucklampe während eines Zündmodus und eines normalen Betriebsmodus.

Derartige Schaltungen sind aus dem Stand der Technik, z.B. aus der US 4,734,624, bekannt. Die aus der genannten U.S.-Schrift bekannte Schaltung ist in Fig. 7 dargestellt und wird nachfolgend näher erklärt. Sie umfasst einen Wechselrichter umfassend die vier Transistoren I1, I2, I3 und I4, wobei die Transistoren I2 und I3 sowie I1 und I4 jeweils in Reihe geschaltet sind und eine Halbbrücke bilden. Die beiden Halbbrücken sind parallel zwischen einem Betriebspotential (+) und einem Bezugspotential (-) geschaltet. Den einzelnen Transistoren I1 ... I4 ist jeweils eine Freilaufdiode 21 bis 24 parallel geschaltet. Die Halbbrücken fungieren als Wechselrichter und stellen einen geeigneten Wechselstrom für den Betrieb der Hochdrucklampe während des Zündmodus oder des normalen Betriebsmodus bereit. Die Hochdrucklampe selber ist Bestandteil einer Reihenschaltung umfassend eine erste Spule 1, dieser nachgeschaltet die Hochdrucklampe L und dieser wiederum nachgeschaltet eine zweite Spule 3. Diese Reihenschaltung ist zwischen die Ausgänge S und T der beiden Halbbrücken geschaltet. Die Reihenschaltung wird ergänzt durch einen Kondensator 2, welcher parallel zu der Hochdrucklampe L und der zweiten Spule 3 geschaltet ist.

Solange die Hochdrucklampe nicht gezündet ist, stellt sie eine Unterbrechung der genannten Reihenschaltung dar. Durch den Kondensator 2 wird diese Unterbrechung jedoch überbrückt, so dass die beiden Halbbrücken über den Kondensator 2 miteinander verbunden sind. Ein unabhängiger Betrieb der beiden Halbbrücken auch im ungezündeten Zustand der Hochdrucklampe L ist deshalb nicht möglich.

Für den normalen Betriebsmodus sind die erste Spule 1 und der Kondensator 2 so zu dimensionieren, dass sie als Filter zum Herausfiltern des Wechselanteils aus dem Lampenstrom fungieren. Sie werden dabei ausdrücklich nicht in Resonanz betrieben, d.h. die Schaltfrequenzen der beiden Transistoren I2 und I3 sind wesentlich größer als die Resonanzfrequenz des Schwingkreises bestehend aus der ersten Spule 1 und dem Kondensator 2.

Demgegenüber sind die erste Spule 1 und der Kondensator 2 im Zündbetrieb mit ihrer Resonanzfrequenz zu betreiben, um die für die Zündung der Hochdrucklampe L erforderliche Hochspannung zu erzeugen. Dafür ist es erforderlich, dass der Kondensator 2 hochspannungsfest, d.h. für einige kV ausgelegt sein muss. Außerdem ist die erste Spule 1 so zu dimensionieren, dass sie selbst bei Belastung mit einem Zündstrom, welcher ca. 10 mal größer ist als der Strom während des normalen Betriebsmodus, nicht in die Sättigung gerät.

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass für den Zündmodus eine gänzlich andere Dimensionierung der Bauelemente, insbesondere der ersten Spule 1 und des Kondensators 2 erforderlich ist als wie für den normalen Betriebsmodus. Die aus dem Stand der Technik bekannte Schaltung gemäß Fig. 7 ist deshalb grundsätzlich entweder nur für einen Zündbetrieb oder für einen Normalbetrieb sinnvoll einsetzbar. Die Schaltung gemäß Fig. 7 lässt zwar auch eine Kombination von Zündbetrieb und normalem Betrieb zu, dann jedoch nur bei starker Überdimensionierung von erster Spule 1 und Kondensator 2 im normalen Betriebsmodus zwecks Realisierung des Zündmodus.

Weiterhin nachteilig ist bei der Schaltung gemäß Fig. 7, dass sich starke Hochfrequenz Gleichtakt-Störspannungen, welche beim Umschalten der Schaltelemente I1...I4 entstehen, ungehindert auf die Leitungen 121, 122 zu der Hochdrucklampe L übertragen können, weil die beiden Halbbrücken nicht entkoppelt, sondern über den Kondensator 2 gekoppelt sind. Schließlich entstehen beim Umschalten der Transistoren I1 ... I4 Verluste, die um so höher sind, je größer die Umschaltfrequenzen sind. Bei

der Schaltung gemäß Fig. 7 sind keine Maßnahmen vorgesehen, diese Verluste zu reduzieren.

5 Ausgehend von dem genannten U.S.-Patent ist es deshalb die Aufgabe der Erfindung, die dort offenbarte Schaltung zur Speisung für Hochdrucklampen derart weiterzubilden, dass sie sowohl einen Zündbetrieb, wie auch einen Normalbetrieb, d.h. einen stabilen Dauerbetrieb, einer Hochdrucklampe ermöglicht, ohne dass die Bauelemente der Schaltung überdimensioniert werden müssten.

10 Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Genauer gesagt wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der aus Fig. 7 bekannte Kondensator 2, nachfolgend als erster Kondensator bezeichnet, von dem Verbindungspunkt zwischen der ersten Spule und der Hochdrucklampe entweder zum Bezugspotential oder zum Betriebspotential geschaltet ist, und dass ein zweiter Kondensator, welcher von dem Verbindungspunkt zwischen der Hochdrucklampe und der
15 zweiten Spule entweder zum Bezugspotential oder zum Betriebspotential oder parallel zur Hochdrucklampe geschaltet ist.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Kondensatoren werden die beiden Halbbrücken grundsätzlich, d.h. zumindest solange die Hochdrucklampe nicht gezündet
20 ist, entkoppelt betrieben. Das gilt auch für den Fall, dass der zweite Kondensator parallel zur Hochdrucklampe geschaltet ist, weil erfindungsgemäß auch in diesem Fall, zumindest für die Hochfrequenzanteile, diese über den gemeinsamen Verbindungspunkt - zwischen der ersten Spule und der Hochdrucklampe - und den ersten
25 Kondensator abgeleitet werden können.

Die beschriebene Entkopplung der beiden Halbbrücken ermöglicht eine unabhängige Ausbildung und Dimensionierung von sowohl einer ersten Resonanzschaltung, auch Filterschaltung genannt, bestehend aus der ersten Spule und dem ersten Kondensator,
30 zum Herausfiltern von Hochfrequenzanteilen aus dem Lampenstrom, insbesondere

während des Betriebsmodus, wie auch einer zweiten Resonanzschaltung, bestehend aus der zweiten Spule und dem zweiten Kondensator, zum Zünden der Hochdrucklampe während des Zündmodus. Während des Betriebsmodus erfüllt die zweite Spule eine zusätzliche Filterfunktion, indem sie Hochfrequenz-Anteile aus dem Lampenstrom herausfiltert.

Die erfindungsgemäße Schaltung ermöglicht demnach die Realisierung von einer Filterfunktion während des normalen Betriebsmodus wie auch einer Zündfunktion während eines Zündmodus durch unabhängige Schaltelemente, nämlich durch die Filterschaltung und den zweiten Resonanzkreis. Die beiden Resonanzkreise werden unabhängig voneinander dimensioniert und betrieben. Eine Überdimensionierung von insbesondere der ersten Spule und dem ersten Kondensator in der Filterschaltung ist erfindungsgemäß nicht erforderlich, weil die Filterschaltung nicht auch noch die Zündfunktion realisieren muß.

Weiterhin sind beide Anschlüsse der Hochdrucklampe erfindungsgemäß über den ersten und zweiten Kondensator - zumindest für Hochfrequenzanteile - entweder an Betriebs- oder Bezugspotential gelegt. Auf diese Weise werden vorteilhafterweise die z.B. durch das Umschalten der Schaltelemente in den Halbbrücken entstehenden Hochfrequenzstörpegel automatisch vor Erreichen der Hochdrucklampe über die Kondensatoren abgeleitet. Der eigentliche Strom durch die Hochdrucklampe selber ist deshalb vorteilhafterweise zumindest weitgehend frei von HF-Störpegeln. Weiterhin sind dann auch die Zuleitungen zu der Hochdrucklampe frei von Gleichtaktstörspannungen.

Zum Reduzieren der Umschaltverluste bei den Transistoren in den Halbbrücken sind in den Unteransprüchen verschiedene Ausführungsformen für Kondensatoranordnungen parallel zu den Transistoren vorgeschlagen.

Vorteilhafterweise weist die erfindungsgemäße Schaltung eine Stromregelung zum Einstellen der Amplitude des Stroms durch die Hochdrucklampe auf.

Die oben genannte Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Verfahren zum
5 Betreiben einer Hochdrucklampe gemäß Patentanspruch 8 gelöst. Die Vorteile dieses Verfahrens entsprechen im wesentlichen den oben für die Schaltung bereits erwähnten Vorteilen. Neben diesen Vorteilen bietet das beanspruchte Verfahren, den zweiten Resonanzkreis L2, C2 nicht nur mit seiner eigentlichen Resonanzfrequenz sondern
alternativ dazu auch mit einem ungradzahligen Bruchteil seiner Resonanzfrequenz zu
10 betreiben, den Vorteil, dass die Verluste beim Zündmodus insbesondere in den Schaltelementen der zweiten Halbbrücke deutlich reduziert werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Schaltung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zu deren Betrieb sind Gegenstand der Unteransprüche.

15

Der Erfindung sind insgesamt sieben Figuren beigelegt, wobei

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltung;
Fig. 2 die Lampenspannung bei resonanter Anregung während des Zündmodus;
20 Fig. 3 den Lampenstrom während eines Hochlaufbetriebs der Hochdrucklampe;
Fig. 4 den Lampenstrom während einer positiven Halbwelle während des normalen Betriebsmodus;
Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltung;
Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel für die beanspruchte elektronische Schaltung;
25 und
Fig. 7 eine aus dem Stand der Technik bekannte Schaltung zum Betreiben einer Hochdrucklampe.
- zeigt.

30

Nachfolgend wird zunächst unter Bezugnahme auf Fig. 1 der Hardwareaufbau eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der beanspruchten Schaltung erläutert, um nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 2 bis 4 deren Betriebsweise während verschiedener Betriebsmodi zu erläutern.

5

Fig. 1 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäß beanspruchte elektronische Schaltung 100 zum Betreiben einer Hochdrucklampe 120 während verschiedener Betriebsmodi, insbesondere während eines Zündmodus, eines Hochlaufmodus und eines normalen Betriebsmodus.

10

Die Schaltung 100 umfasst einen Wechselrichter bestehend aus einer ersten Halbbrücke 110-1 und einer zweiten Halbbrücke 110-2 zum Bereitstellen eines geeigneten Wechselstroms für die Hochdrucklampe 120 während der genannten Betriebsmodi.

Die erste Halbbrücke 110-1 besteht aus zwei in Reihe geschalteten Schaltelementen, vorzugsweise Leistungstransistoren T1, T2, wobei diese Reihenschaltung an eine Gleichspannung V_{DC} gelegt ist. Die Gleichspannung wird repräsentiert durch eine Potentialdifferenz zwischen einem Betriebspotential (+) und einem Bezugspotential (-). Die zweite Halbbrücke 110-2 ist symmetrisch zur ersten Halbbrücke 110-1 aufgebaut. Die zweite Halbbrücke 110-2 umfasst zwei in Reihe geschaltete Schaltelemente, vorzugsweise Leistungstransistoren T3 und T4, wobei diese zweite Halbbrücke 110-2 parallel zu der ersten Halbbrücke 110-1 an die genannte Gleichspannung V_{DC} angelegt ist.

Neben den beiden Halbbrücken 110-1, 110-2 umfasst die beanspruchte Schaltung 100 eine Reihenschaltung, welche den Ausgang 112-1 der ersten Halbbrücke 110-1 mit dem Ausgang 112-2 der zweiten Halbbrücke 110-2 verbindet. Die Reihenschaltung umfasst eine erste Spule L1, dieser über eine erste Zuleitung 121 nachgeschaltet die Hochdrucklampe 120 und dieser wiederum über eine zweite Zuleitung 122 nachgeschaltet eine zweite Spule L2. Dabei ist der Anschluss der ersten Spule L1, welcher nicht mit der Hochdrucklampe 120 verbunden ist, an den Ausgang 112-1 gelegt und

der Anschluss der zweiten Spule L2, welcher nicht mit der Hochdrucklampe 120 verbunden ist, an den Ausgang 112-2 der zweiten Halbbrücke 110-1 angeschlossen.

Von dem Verbindungspunkt zwischen der ersten Spule L1 und der Hochdrucklampe 120 ist ein erster Kondensator C1 entweder zum Betriebspotential (+) (in Fig. 1 nicht
5 gezeigt) oder zum Bezugspotential (-) geschaltet. Darüber hinaus ist von dem Verbindungspunkt zwischen der Hochdrucklampe 120 und der zweiten Spule L2 ein zweiter Kondensator C2 entweder zum Betriebspotential (+) (in Fig. 1 nicht gezeigt) oder zum Bezugspotential (-) oder parallel zu der Hochdrucklampe 120 (in Fig. 5 gezeigt)
10 geschaltet.

Weiterhin umfasst das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel der beanspruchten elektronischen Schaltung mehrere Komponenten zur Realisierung einer Regelung zum Regeln des Lampenstrompegels. Zu diesem Zweck ist zwischen der ersten Spule L1
15 und dem Anschlusspunkt des ersten Kondensators C1 eine Sensoreinrichtung 130 vorgesehen zum Erzeugen eines Stromsensordesignals, welches den Pegel des Stroms durch die erste Spule L1 repräsentiert. Dieses Stromsensordesignal wird einer Komparatoreinrichtung 140 zugeführt, welche den durch das Stromsensordesignal repräsentierten Pegel des Stromes durch die erste Spule L1 mit einem vorgegebenen Referenzstromwert I_R vergleicht und nach Maßgabe durch das Ergebnis dieses Vergleiches Regelsignale zum geeigneten Ansteuern der Schaltelemente T1, T2 der ersten Halbbrücke
20 110-1 erzeugt. Genauer gesagt sind die Regelsignale so ausgebildet, dass sie die Tastgrade der einzelnen Schaltelemente T1 und/oder T2 der ersten Halbbrücke 110-1 so variieren, dass der Mittelwert des Stroms durch die erste Spule L1 auf den gewünschten Lampenstrom eingeregelt wird. Der Tastgrad definiert das Verhältnis von Einschaltzeit eines Schaltelementes zu der Periodendauer, z.B. des Stroms. Mit dem Strom durch die erste Spule L1 wird aufgrund der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gleichzeitig auch der Augenblickswert des Lampenstroms durch die
25 Hochdrucklampe 120 geregelt.

30

Zusätzlich zu der beschriebenen Komparatoreinrichtung 140 kann eine Verzögerungseinrichtung 150 vorgesehen sein zum Verzögern der Regelsignale um eine vorbestimmte Verzögerungszeit gegenüber dem Zeitpunkt, wenn ein Über- oder Unterschreiten des Pegels gegenüber dem Referenzstromwert I_R festgestellt wird. Diese Verzögerungszeit hat einen dämpfenden Einfluss auf die Regelung. Dabei wird die Verzögerungszeit vorzugsweise so bestimmt, dass sich bei der Filterschaltung, umfassend die zweite Spule L2 und den ersten Kondensator C1, mindestens eine gewünschte kritische Dämpfung einstellt, wodurch eine evtl. festgestellte Regelabweichung ohne Überschwingen ausgeglichen wird. Gleichzeitig erfolgt die Einstellung der Verzögerungszeit so, dass der Strom durch die erste Spule L1 während einer Schaltperiode mindestens zweimal sein Vorzeichen wechselt.

Die Funktionsweise der soeben beschriebenen Schaltung gemäß Fig. 1 wird nachfolgend für verschiedene Betriebsmodi erläutert:

1. Zündmodus

Im nicht gezündeten Zustand ist die Hochdrucklampe 120 wie eine Unterbrechung zu betrachten, d.h. sie entkoppelt die erste Halbbrücke 110-1 mit der an diese angeschlossenen Filterschaltung, umfassend die erste Spule L1 und den ersten Kondensator C1, von der zweiten Halbbrücke 110-2 und den an diese angeschlossenen zweiten Resonanzkreis umfassend die zweite Spule L2 und den zweiten Kondensator C2. Aufgrund dieser Entkopplung kann der zweite Resonanzkreis mit seiner eigenen Resonanzfrequenz f_{R2} angeregt werden, um eine ausreichend große Zündspannung für die Hochdrucklampe 120 bereitzustellen. Die dafür erforderliche Resonanzanregung des zweiten Resonanzkreises erfolgt in der Weise, dass die Schaltelemente T3 und T4 der zweiten Halbbrücke 110-2 entweder mit der besagten Resonanzfrequenz f_{R2} oder einem ungradzahligen Bruchteil derselben abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden. Zweckmäßigerweise wird der Resonanzwiderstand des zweiten Schwingkreises so gewählt, dass bei der für die Hochdrucklampe 120 erforderlichen Zündspannung von

beispielsweise 5 kV, der Strom in der zweiten Spule L2 nicht größer als der maximale Lampenstrom während eines später noch beschriebenen normalen Betriebsmodus ist. Eine derartige Auslegung führt zu der früher erwähnten hohen Resonanzfrequenz.

- 5 Soll die gewünschte Zündspannung nur durch Anregung des zweiten Resonanzkreises mit einem ungradzahligen Bruchteil, z.B. einem $1/5$ oder $1/3$ der Resonanzfrequenz f_{R2} erzeugt werden, so muss die Mindestgüte des zweiten Resonanzkreises entsprechend höher ausgelegt werden. Fig. 2 zeigt den Strom- und Spannungsverlauf durch die zweite Spule L2 und die daraus resultierende Zündspannung für die Hochdruck-
- 10 lampe 120 für den Fall einer resonanten Anregung der Zündspannung mit Hilfe der dritten Oberschwingung.

- Typischerweise ist der erste Kondensator C1 wesentlich größer als der zweite Kondensator C2 ausgebildet; z.B. ist $C1 = 150\text{nF}$ und $C2 = 82\text{pF}$. Beispielsweise wird
- 15 bei dieser Konstellation die zweite Spule L2 so ausgelegt, dass sich für den zweiten Resonanzkreis insgesamt eine Resonanzfrequenz von beispielsweise 1 MHz ergibt.

- Erfindungsgemäß wird der zweite Resonanzkreis so ausgebildet, dass er während des Zündmodus' lediglich während einer relativ kurzen Schwingzeit bzw. Zünddauer von
- 20 wenigen Sekunden, z.B. 1 oder 2 Sekunden, mit seiner eigenen Resonanzfrequenz f_{R2} betrieben werden muss, um das Zünden der Hochdrucklampe 120 zu bewirken. Diese erfindungsgemäß relativ kurze Zünddauer hat den Vorteil, dass auch die Schaltelemente T3 und T4 in der zweiten Halbbrücke 110-2 nur während dieser kurzen Zeitdauer mit der genannten Resonanzfrequenz oder einem ungradzahligen Bruchteil
- 25 davon umgeschaltet werden. Aufgrund des hochfrequenten Umschaltbetriebs der Schaltelemente T3 und T4 entstehen in diesem hohe Verluste, die aber aufgrund des nur kurzzeitigen Zündbetriebs akzeptabel sind.

Während des Zündbetriebs ist das Schaltelement T1 der ersten Schaltbrücke 110-1 vorzugsweise voll eingeschaltet, während das zweite Schaltelement T2 ausgeschaltet ist, so dass der Verbindungspunkt zwischen dem ersten Kondensator C1 und der Hochdrucklampe 120 permanent auf einem hohen Spannungspotential liegt. Solange die Hochdrucklampe 120 noch nicht gezündet hat, und deshalb auch kein Lampenstrom fließen kann, wird dieser auch nicht durch die erste Halbbrücke 110-1 geregelt.

Wenn die Hochdrucklampe schließlich zündet, befindet sie sich zunächst in einem sogenannten Glimmbetrieb. In dem Glimmbetrieb benötigt die Hochdrucklampe eine Betriebsspannung, welche mit etwa 300 V wesentlich niedriger ist als die Zündspannung, aber verglichen mit einer im später noch beschriebenen Normalbetrieb erforderlichen Betriebsspannung von 75 V doch noch relativ groß ist. In dem Glimmbetrieb wirkt der Spannungsabfall über der Hochdrucklampe 120 als Gegenspannung und es ist erforderlich, entgegen dieser Gegenspannung einen genügend großen Strom durch die Hochdrucklampe 120 zu treiben, damit sich deren Elektroden stark genug aufheizen und damit die Hochdrucklampe 120 in einen nachfolgenden Lichtbogenmodus übergeht. Durch den Glimmbetrieb wird der zweite Resonanzkreis C2, L2 soweit gedämpft, dass sich über der zweiten Spule L2 gerade noch eine Spannung einstellt, die groß genug ist, um den erforderlichen Strom durch die Hochdrucklampe 120 zu treiben. Mit dem Abfall der Spannung über der zweiten Spule L2 sinkt auch deren Strom im gleichen Verhältnis. Sollte dieser Strom durch die zweite Spule L2 zu klein werden, um einen ausreichend großen Strom für die Hochdrucklampe 120 bereit zu stellen, so kann diesem Absinken durch eine Absenkung der Betriebsfrequenz des zweiten Resonanzkreises begegnet werden. Alternativ zu einem Absenken der Betriebsfrequenz des zweiten Resonanzkreises kann auch in den weiter unten beschriebenen Normalbetrieb umgeschaltet werden, weil bei diesem maximal die Betriebsspannung V_{bc} , etwa 400 V, an der Hochdrucklampe 120 erzeugt werden können. Es ist allerdings zu beachten, dass die Betriebsspannung V_{bc} der Schaltung nicht mit der durchschnittlichen Betriebsspannung der Hochdrucklampe 120 im Normalbetrieb identisch ist, die, wie oben beschrieben, bei ca. 75 V liegt.

Wird die Zündspannung für die Hochdrucklampe 120 nicht dadurch erzeugt, dass der zweite Resonanzkreis C2, L2 mit seiner eigenen Resonanzfrequenz f_{r2} , sondern mit einem ungradzahligen Bruchteil davon betrieben wird, so hat dies den Vorteil, dass
5 aufgrund der geringeren Umschaltfrequenz die Schaltverluste in den Schaltelementen T3 und T4 in der zweiten Halbbrücke 110-2 gegenüber dem reinen Resonanzbetrieb mit f_{r2} verringert sind und gleichzeitig der Glimmstrom durch die Hochdrucklampe 120 gegenüber dem Resonanzbetrieb um den Bruchteilsfaktor erhöht ist; d.h. gegen-
über einem Betrieb mit der tatsächlichen Resonanzfrequenz ist der Glimmstrom bei
10 Anregung mit lediglich 1/3 der Resonanzfrequenz um den Faktor 3 größer.

2. Hochlaufbetrieb

Nach dem Glimmbetrieb geht die Hochdrucklampe 120 in einen Lichtbogenmodus
15 über, bei welchem sie zunächst eine nur sehr geringe Brennspannung von ca. 15 V hat. Sowohl im Glimmbetrieb wie auch in dem Lichtbogenmodus fließt bereits ein Strom durch die Hochdrucklampe 120, so dass die oben unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschriebene Stromregelung grundsätzlich bereits anspricht. Die sich in dem Licht-
bogenmodus jedoch einstellende, sehr geringe Betriebsspannung führt zu einem
20 Absinken der Schaltfrequenzen der Schaltelemente T1 und T2 in der ersten Halbbrücke 110-1. Dies kann so weit gehen, dass zu Beginn des Lampenbetriebs, d.h. während des Lichtbogenmodus, die Schaltfrequenz auch unterhalb der Resonanz-
frequenz des ersten Resonanzkreises bestehend aus der ersten Spule L1 und dem ersten Kondensator C1, sinken kann. Dies führt dann dazu, dass eine Stromregelung
25 nicht mehr stabil möglich ist. Es hat sich aber gezeigt, dass ein brauchbarer Betrieb der Stromregelung dann dennoch möglich wird, wenn die minimale Einschaltdauer der Schaltelemente T1, T2 nach unten hin begrenzt wird. Dadurch entsteht zwar, wie
in Fig. 3 gezeigt, ein unregelmäßiges Schaltmuster für die Schaltelemente T1 und T2 mit starken Rauschantellen in dem Lampenstrom, allerdings bleibt der mittlere
30 Lampenstrom weiterhin regelbar. Das unregelmäßige Schaltmuster zeigt sich in den

unregelmäßigen Zeitdauern für die ansteigenden und abfallenden Flanken in dem Strom durch die erste Spule L1, weil während der ansteigenden Flanken jeweils das erste Schaltelement T1 ein- und das zweite Schaltelement T2 ausgeschaltet ist, während im umgekehrten Fall, d.h. bei abfallenden Flanken, das erste Schaltelement T1 aus- und das zweite Schaltelement T2 eingeschaltet ist.

3. Normalbetrieb

Nach dem Hochlaufbetrieb geht die Hochdrucklampe 120 in den normalen Betriebsmodus über. Während des normalen Betriebsmodus wird die Hochdrucklampe mit einem niederfrequenten Wechselstrom gespeist, dessen Grundfrequenz durch die Umschaltfrequenz der Schaltelemente T3 und T4 der zweiten Halbbrücke 110-2 vorgegeben wird.

Fig. 4 zeigt ein Beispiel für eine positive Halbwelle des impulsförmig ausgebildeten Wechselstromes durch die Hochdrucklampe 120. Während der positiven Halbwelle ist das Schaltelement T4 eingeschaltet während das Schaltelement T3 ausgeschaltet ist. Während die Schaltelemente T3 und T4 der zweiten Halbbrücke 110-2 entsprechend der gewünschten Grundfrequenz des Lampenstromes abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden, werden die Tastgrade der Schaltelemente T1 und T2 der ersten Halbbrücke 110-1 durch die oben unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschriebene Stromregelung so geregelt, dass sich in der ersten Spule L1 ein mittlerer Gleichstrompegel einstellt, der dem gewünschten Strom durch die Hochdrucklampe 120 entspricht.

In Fig. 4 ist zu erkennen, dass die Umschaltfrequenzen der Schaltelemente T1 und T2 wesentlich größer sind als die Umschaltfrequenzen der Schaltelemente T3 und T4. Genauer gesagt bleibt das Schaltelement T4 während des gesamten in Fig. 4 gezeigten Zeitabschnittes eingeschaltet und das Schaltelement T3 bleibt während dieser gesamten Zeit ausgeschaltet, während das Schaltelement T1 jeweils während der ansteigenden Flanken des Stroms durch die erste Spule L1 eingeschaltet und während der Dauer der abfallenden Flanken ausgeschaltet wird. Umgekehrt ist das Schaltelement

T2 während der ansteigenden Flanken des Stroms durch die erste Spule L1 ausgeschaltet und während der Dauer der abfallenden Flanken eingeschaltet.

Aufgrund der hohen Umschaltfrequenzen, insbesondere der Schaltelemente in der ersten Halbbrücke 110-1, können in diesen hohe Verluste entstehen. Diese Verluste können durch ein sogenanntes spannungsfreies Schalten der Schaltelemente T1, T2 wesentlich reduziert werden. Dieses spannungsfreie Schalten kann dadurch erreicht werden, dass zum einen jedem Schaltelement T1 und T2 ein Kondensator C4 und C3 parallel zugeschaltet wird und dass der hochfrequente Wechselstrom durch die erste Spule L1 in jedem Schaltzyklus die Nulllinie sowohl unter- wie auch überschreitet. Um letzteres zu realisieren, wird zunächst das erste Schaltelement T1 ein- und das zweite Schaltelement T2 der ersten Halbbrücke 110-1 ausgeschaltet. Diese Schaltkonfiguration bewirkt, dass der Strom durch die erste Spule L1 auf einen hohen positiven Wert ansteigt. Wenn dieser Strom einen gewünschten Schwellenwert erreicht hat, werden die Schaltzustände der Schaltelemente T1 und T2, nach einer vorbestimmten Verzögerungszeit, realisiert durch die Verzögerungsschaltung 150, vertauscht, so dass dann das Schaltelement T1 ausgeschaltet wird. Dann beginnt der Strom, der zunächst wie bei der ersten Schaltkonfiguration weiter aus der Halbbrücke 110-1 herausfließt, die Kondensatoren C3 und C4 umzuladen. Genauer gesagt erfolgt dann die Umladung in der Weise, dass die Spannung über dem Kondensator C3 und damit am Ausgang 112-1 der ersten Halbbrücke 110-1 sinkt, während die Spannung über dem Kondensator C4 steigt. Wenn die Spannung am Ausgang 112-1 den Wert "0" erreicht hat, beginnt eine in dem Schaltelement T2, wenn dieses als MosFET-Transistor ausgebildet ist, vorhandene Diode zu leiten und der Strom in der ersten Spule L1 beginnt zu fallen. Nun kann das zweite Schaltelement T2 ohne Verluste eingeschaltet werden.

Über dem Kondensator C1 liegt nun die typische Betriebsspannung der Hochdrucklampe 120 während des normalen Betriebsmodus in Höhe von ca. 75 V. Aufgrund dieser Spannung sinkt der Strom in der ersten Spule L1 zunehmend weiter, bis er

schließlich die Nulllinie unterschreitet, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist. Nun kann das zweite Schaltelement T2 der ersten Halbbrücke 110-1 verlustfrei ausgeschaltet werden. Der Strom durch die Hochdrucklampe 120 und durch die erste Spule L1 fließt zu diesem Zeitpunkt wieder in die erste Halbbrücke 110-1 hinein und beginnt
5 die Kondensatoren C3 und C4 wieder umzuladen, so dass die Spannung am Ausgang 112-1 der ersten Halbbrücke wieder steigt. Wenn sie schließlich wieder das Niveau der Versorgungsspannung erreicht, wird eine Diode in dem ersten Schaltelement T1, wenn dieses als MosFET-Transistor ausgebildet ist, leiten. Dann beginnt der beschriebene Zyklus mit dem beschriebenen Stromanstieg durch die erste Spule L1 von
10 neuem. Auf diese Weise lässt sich fortwährend ein verlustfreies Ein- und Ausschalten der Schaltelemente T1 und T2 aufrechterhalten.

Nach Umkehrung der Stromrichtung, d.h. während der negativen Halbwelle, wird das Schaltelement T4 ausgeschaltet und das Schaltelement T3 der zweiten Halbbrücke
15 110-2 eingeschaltet. Die erste Halbbrücke 110-1 wird nun von der Stromregelung so angesteuert, dass der mittlere Strom in die erste Halbbrücke hineinfließt.

Der Kondensator C1 leitet den hochfrequenten Anteil des Stroms durch die erste Spule L1 ab zum Bezugspotential (-). Gleichzeitig stellt die zweite Spule L2 eine
20 Sperre für verbliebene Reste von hochfrequenten Anteilen in dem Lampenstrom dar.

Wie bereits oben erwähnt, bildet der zweite Kondensator C2 mit der zweiten Spule L2 einen zweiten Resonanzkreis, dessen Resonanzfrequenz typischerweise um ein vielfaches höher ist als die Schaltfrequenz der ersten Halbbrücke. Während des normalen
25 Betriebsmodus wird der zweite Resonanzkreis deshalb normalerweise mit einer Frequenz weit unterhalb seiner Resonanzfrequenz betrieben, weshalb der verbleibende Hochfrequenzstrom in dem Kondensator C2 nur noch sehr klein ist. Wird beispielsweise der erste Kondensator C1 zu 150 nF und der zweite Kondensator zu 82 pF gewählt, so beträgt der verbleibende Wechselstrom in dem zweiten Kondensator C2
30 nur noch etwa 0,1 % des Wechselstroms durch den ersten Kondensator C1.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltung. Dieses ist wirkungsgleich zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel. Der wesentliche Unterschied zu dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel besteht jedoch darin, dass der zweite Kondensator C2 nicht nach Bezugspotential (-) sondern parallel zu der Hochdrucklampe 120 geschaltet ist. Diese Schaltungsanordnung ist zumindest während des Zündmodus oder allgemein für den Fall, dass ein hochfrequenter Strom durch den Kondensator C2 fließt, wirkungsgleich mit der in Fig. 1 gezeigten Schaltungskonfiguration, weil für hochfrequente Ströme der erste Kondensator C1 einen Kurzschluss nach Bezugspotential (-) darstellt. Damit wäre auch der zweite Kondensator C2 - analog zu Fig. 1 - zwischen dem Verbindungspunkt zwischen der Hochdrucklampe 120 und der zweiten Spule L1 und Bezugspotential (-) geschaltet.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass insbesondere bei hochfrequenten Strömen ein verlustfreies Schalten der Schaltelemente T1 und T2 auch mit nur einem Kondensator, insbesondere mit dem dritten Kondensator C3 realisierbar ist. Der vierte Kondensator C4 ist dann entbehrlich.

Fig. 6 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel für die beanspruchte Schaltung. Es unterscheidet sich von dem in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel lediglich dadurch, dass auch parallel zu den Schaltelementen der zweiten Halbbrücke 110-2 Kondensatoren vorgesehen sind. Genauer gesagt, ist ein fünfter Kondensator C5 parallel zu dem dritten Schaltelement T3 und ein sechster Kondensator C6 parallel zu dem vierten Schaltelement T4 vorgesehen. Diese Kondensatoren ermöglichen ähnlich wie die Kondensatoren C3 und C4 eine Verringerung der Umschaltverluste der Schaltelemente T3 und T4. Besonders vorteilhaft sind sie während des Zündmodus, weil dann aufgrund der besonders hohen Umschaltfrequenzen die Verluste in den Schaltelementen besonders groß sind. Die Kondensatoren C5 und C6 bewirken darüber hinaus vorteilhafterweise eine Reduzierung der Flankensteilheit der Spannung am Ausgang der Halbbrücke 110-2. Dies wiederum ist vorteilhaft für die Unterdrückung von HF-Störungen.

Die Stromregelung funktioniert in den Ausführungsbeispielen gemäß der Fig. 5 und 6 genauso wie oben unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektronische Schaltung (100) zum Betreiben einer Hochdrucklampe (120) während eines Zündmodus und eines normalen Betriebsmodus, mit einem Wechselrichter umfassend eine erste und eine zweite Halbbrücke (110-1, 110-2), welche beide parallel zwischen ein Betriebspotential (+) und ein Bezugspotential (-) geschaltet sind zum Bereitstellen eines jeweils geeigneten Wechselstromes für die Hochdrucklampe (120) während der beiden genannten Betriebsmodi; und einer Reihenschaltung umfassend eine erste Spule (L1), dieser nachgeschaltet die Hochdrucklampe (120) und dieser nachgeschaltet eine zweite Spule (L2), wobei der Anschluss der ersten Spule (L1), welcher nicht mit der Hochdrucklampe (120) verbunden ist, an den Ausgang (112-1) der ersten Halbbrücke (110-1) und der Anschluss der zweiten Spule (L2), welcher nicht mit der Hochdrucklampe (120) verbunden ist, an den Ausgang (112-2) der zweiten Halbbrücke (110-2) angeschlossen ist, und wobei die Ausgänge jeweils durch die Mittelanzapfung einer Halbbrücke gebildet sind; gekennzeichnet durch
- 15 einen ersten Kondensator (C1), welcher von dem Verbindungspunkt zwischen der ersten Spule (L1) und der Hochdrucklampe (120) entweder zum Bezugspotential (-) oder zum Betriebspotential (+) geschaltet ist; und einen zweiten Kondensator (C2), welcher von dem Verbindungspunkt zwischen der Hochdrucklampe (120) und der zweiten Spule (L2) entweder zum Bezugspotential (-) oder zum Betriebspotential (+) oder parallel zur Hochdrucklampe (120) geschaltet ist.
- 20 2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein dritter Kondensator (C3) zwischen den Ausgang (112-1) der ersten Halbbrücke (110-1) und entweder das Betriebspotential (+) oder das Bezugspotential (-) geschaltet ist.
- 25

3. Schaltung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

5 dass ein dritter Kondensator (C3) zwischen den Ausgang (112-1) der ersten Halbbrücke (110-1) und das Bezugspotential (-) geschaltet ist und daß ein vierter Kondensator (C4) zwischen das Betriebspotential (+) und den Ausgang (112-1) der ersten Halbbrücke (110-1) geschaltet ist.

4. Schaltung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass ein fünfter Kondensator (C5) zwischen den Ausgang der zweiten Halbbrücke (112-2) und das Betriebspotential (+) geschaltet ist und/oder dass ein sechster Kondensator (C6) zwischen das Bezugspotential (-) und den Ausgang (112-2) der zweiten Halbbrücke (110-2) geschaltet ist.

15 5. Schaltung nach Anspruch 1,

gekennzeichnet durch

eine Sensoreinrichtung (130) zum Erzeugen eines Stromsensordesignals, welches den Wert des Stromes durch die erste Spule (L1) repräsentiert; und
eine Komparatoreinrichtung (140) zum Vergleichen des durch das Stromsensordesignal repräsentierten Wertes mit einem vorgegebenen Referenzstromwert I_R und zum Erzeugen von mindestens einem Regelsignal zum Regeln des Pegels des Stromes durch die
20 erste Spule (L1) und durch die Hochdrucklampe (120) auf den vorgegebenen Referenzstromwert I_R durch geeignetes Variieren der Tastgrade der Schaltelemente (T1, T2) der ersten Halbbrücke (110-1).

25

6. Schaltung nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Sensoreinrichtung (130) als magnetoresistiver Sensor ausgebildet ist.

7. Schaltung nach Anspruch 5,

gekennzeichnet durch eine Verzögerungseinrichtung (150) zum Verzögern des Regelsignals zum Ansteuern der Schaltelemente (T1, T2) der ersten Halbbrücke (110-1) um
5 eine vorbestimmte Verzögerungszeit gegenüber dem Zeitpunkt, wenn ein Über- oder Unterschreiten des Pegels gegenüber dem Referenzwert I_R festgestellt wird, wobei die Verzögerungszeit so vorbestimmt ist, dass sich bei einem Filter umfassend die zweite Spule (L2) und den ersten Kondensator (C1) mindestens eine gewünschte kritische
10 Dämpfung einstellt und dass der Strom durch die erste Spule (L1) während einer Schaltperiode der Schaltelemente (T1, T2) der ersten Halbbrücke mindestens zweimal sein Vorzeichen wechselt.

8. Verfahren zum Betreiben einer Hochdrucklampe (120) mit einer Schaltung nach Anspruch 1,

15 dadurch gekennzeichnet,

dass die erste Spule (L1) und der erste Kondensator (C1) zusammen ein Filter zum zumindest weitgehenden Herausfiltern des Wechselanteils aus dem Strom durch die Hochdrucklampe (120) bilden, wobei das Filter mit einer von der ersten Halbbrücke (110-1) bereitgestellten Spannung gespeist wird, deren Frequenz oberhalb der Resonanzfrequenz f_{R1} des Filters (L1, C1) liegt; und
20 die zweite Spule (L2) und der zweite Kondensator (C2) zusammen einen Resonanzkreis bilden, welcher im Zündmodus mit einer von der zweiten Halbbrücke (110-2) bereitgestellten Spannung gespeist wird, deren Frequenz der Resonanzfrequenz f_{R2} des Resonanzkreises (L2, C2) oder einem ungradzahligen Bruchteil davon entspricht,
25 zum Erzeugen einer zum Zünden der Hochdrucklampe (120) erforderlichen Zündspannung.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Zündmodus mindestens 1 sec aufrecht erhalten bleibt und dass danach sofort in den normalen Betriebsmodus umgeschaltet wird.

5

10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

dass nach dem Zünden der Hochdrucklampe (120) die Schaltfrequenz der zweiten Halbbrücke (110-2) und damit die Frequenz des Stromes durch die Hochdrucklampe (120) abgesenkt wird.

10

11. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schaltelemente (T1, T2, T3, T4) der ersten Halbbrücke (110-1) und / oder der zweiten Halbbrücke (110-2) nach dem Prinzip des spannungslosen Schaltens betrieben werden.

15

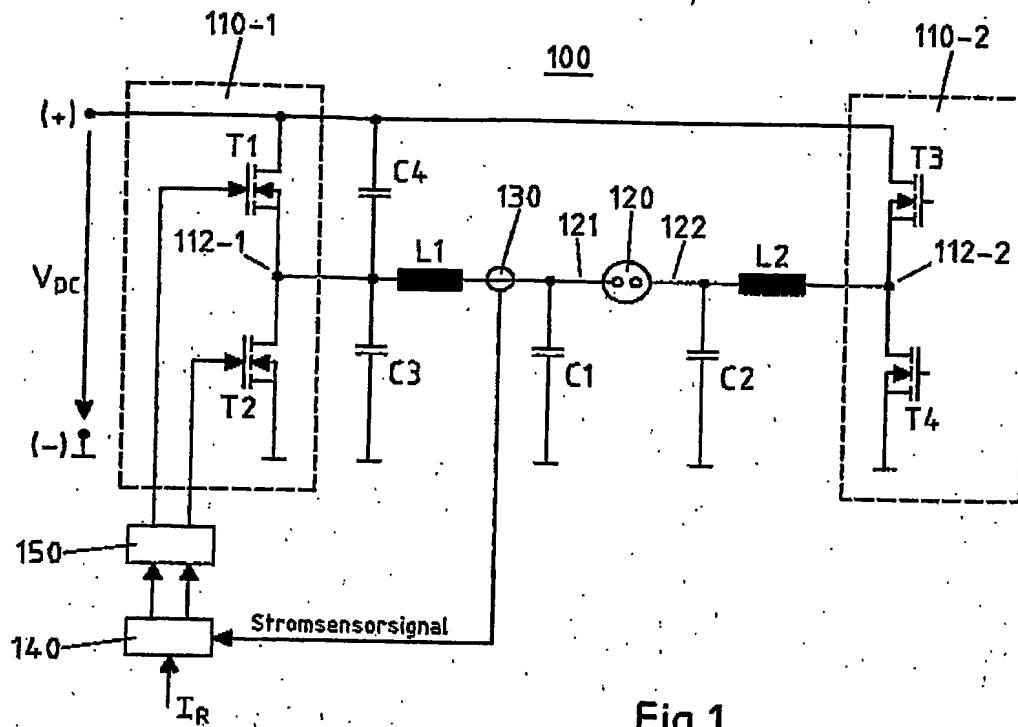


Fig.1

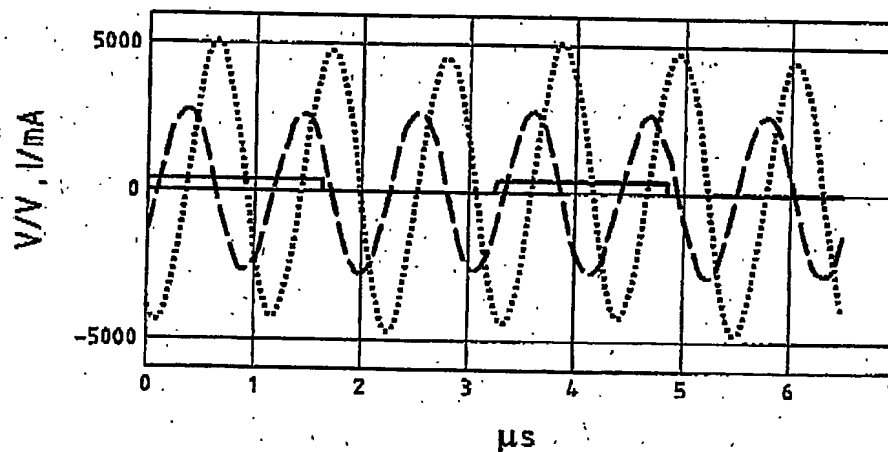
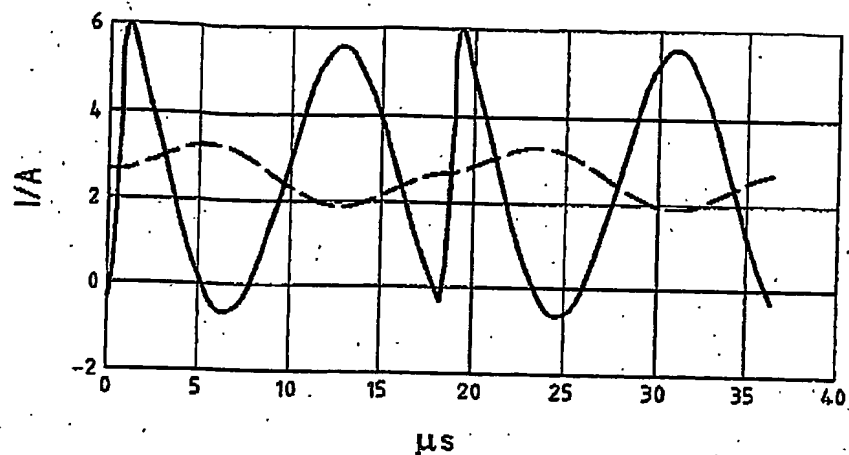
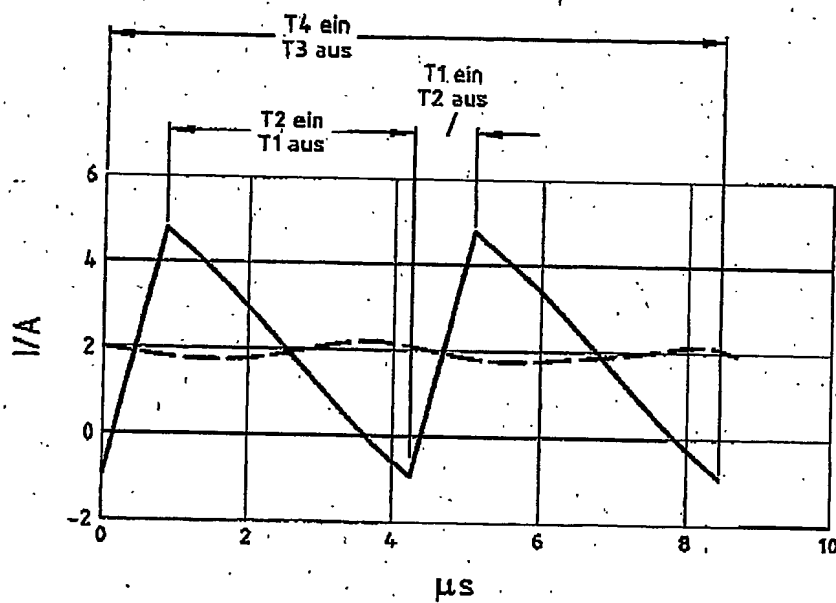


Fig.2



— Lampenstrom
- - - Strom durch L1

Fig. 3



— Lampenstrom
- - - Strom durch L1

Fig. 4

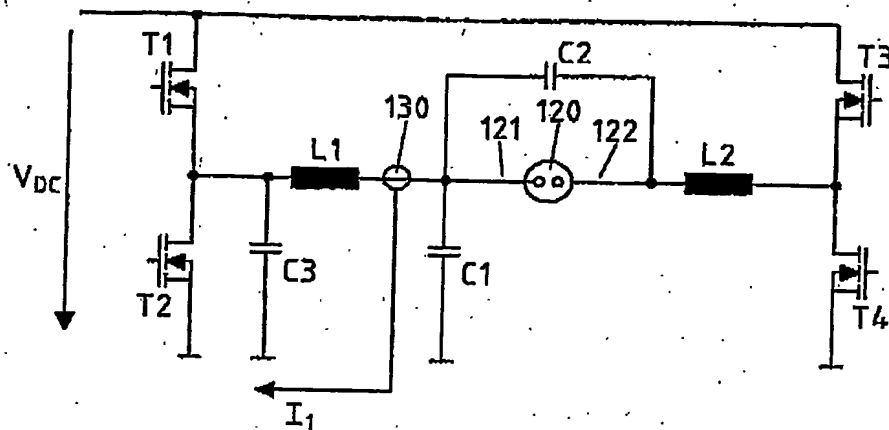


Fig.5

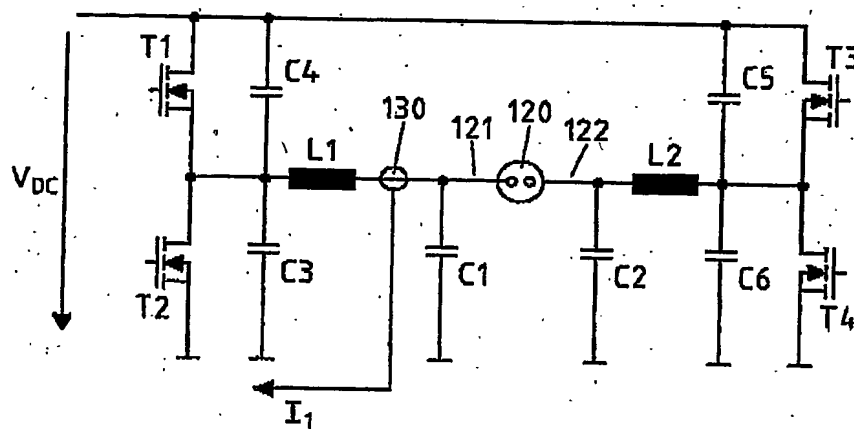


Fig.6

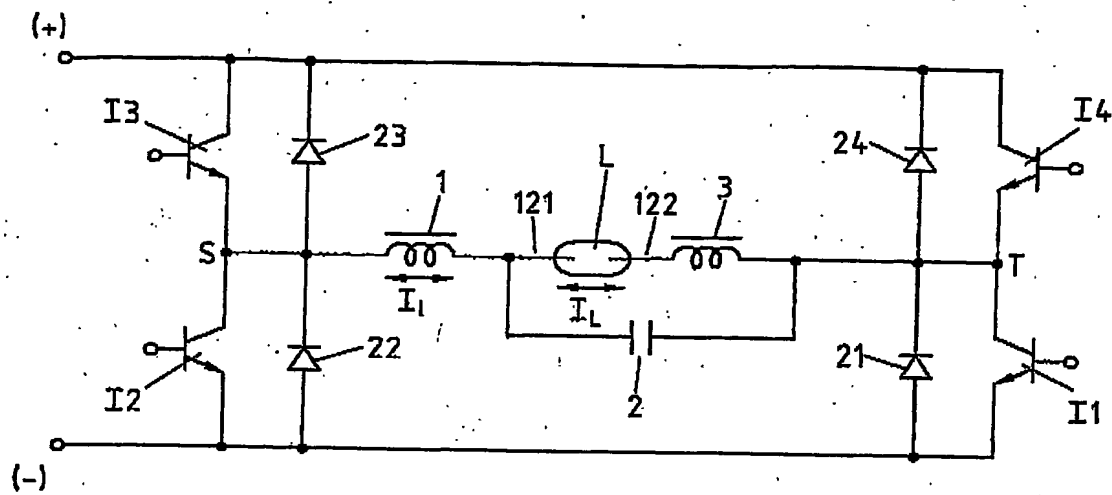


Fig.7 Stand der Technik

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.